

# PEMISAHAN LOGAM MERKURI DENGAN CARA ELEKTRODIALISIS

**SRI REDJEKI**

Jurusan Teknik Kimia UPN "Veteran" Jawa Timur  
Jl.Raya Rungkut Madya Surabaya, Kode Pos. 60295, Tlp.(031) 8782179  
Sri4tk@yahoo.com

## **Abstrak**

Pencemaran merkuri di perairan kebanyakan disebabkan oleh limbah industri, dimana kandungan merkurnya melebihi standar yang telah ditetapkan. Menurut standar Abidin 1997, FDA, dan WHO 1990, kadar merkuri yang ditoleransi adalah 15 µg/liter dalam darah, 3.5 µg/liter dalam ASI, 1 ppm dalam ikan dan makanan, 2 ppm dalam kuku, dan 4 ppm dalam urine, (Rahem, 2004), 2 hingga 7 ppm pada rambut. Normalnya, kadar merkuri dalam tubuh adalah dibawah 0.1 ppm. Dan seharusnya, nilai ambang batas untuk merkuri di perairan hanya 0.005 ppm. (<http://www.pdpersi.co.id>).

Limbah merkuri yang dibuang inilah yang lebih berbahaya, sebab setelah menjadi limbah dan merkuri tersebut masuk ke perairan, maka merkuri dengan mudah berikatan dengan klor dalam air laut. Ikatan dengan klor yang disebut merkuri inorganik itu akan mudah masuk kedalam plankton dan dapat berpindah ke biota laut lain, lalu akan tertransformasi menjadi merkuri organik (metil merkuri), yang dalam bentuk inilah merkuri lebih mudah diserap oleh tubuh. (<http://www.jawapos.co.id>)

Teknologi pemisahan dengan membran sendiri telah membuat kemajuan yang pesat dalam tahun-tahun belakangan ini. Proses elektrodialisis menghilangkan ion-ion dari air dengan mendorongnya melewati membran dengan arus DC. Teknologi ini dipilih karena biayanya yang murah, pemakaian energi yang rendah, sederhana, dan ramah lingkungan, tidak memerlukan bahan-bahan tambahan seperti pengekstrak, juga tidak memerlukan energi (panas), yang juga sangat sensitif terhadap produk-produk tertentu. Dengan pengurangan konsentrasi (% konversi) yang cukup besar, yaitu 88.5197 % tersebut, maka modul Elektrodialisis mampu mengurangi konsentrasi diluat dengan cukup baik. Untuk konsentrasi umpan 10 ppm, 20ppm, 30 ppm, dan 40 ppm, konversi terbesar adalah pada 12 Volt, dengan keberhasilan pengurangan konsentrasi diluat hingga sebesar 88.5197 % yaitu pada konsentrasi umpan 40 ppm.

**Kata Kunci :** Mecuri, elektrodialisis

## **Abstract**

Mercury pollution in waters is mostly caused by industrial waste with excessive amount of mercury. The normal amount of mercury in body is below 0.1 ppm. And the limit of the amount of mercury in waters is ought to be only 0.005 ppm. (<http://www.pdpersi.co.id>)

The mercury waste which is dumped into waters is the one which is more dangerous, because after the mercury becomes waste and enters waters, then it will easily make a bond with chlor in seawater. The bond with chlor which is called inorganic mercury will easily enter plankton, and can easily move into other living creatures in sea, then will be transformed into organic mercury (metil mercury), which in this form can be absorbed more easily by body. (<http://www.jawapos.co.id>)

Separating technology using membrane itself has made a significant progress in recent years. Electrodialysis process removes ions from water by pushing it through membrane with DC current. This technology is choosen because of it's low cost, it's low energy consumption, it's simplicity, it's environment-friendly trait. It also doesn't need additional ingredients like extractor, and doesn't need energy (calor), which is also quite sensitive to specific products. With a high concentration reduction (conversion %), that is 88.5197%, electrodialysis module is fairly able to reduce the concentration of diluat. For bait concentration 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, and 40 ppm, the largest conversion is at 12 Volt, with diluat concentration reduction success up to 88.5197% that is at bait concentration 40 ppm.

**Key words :** Mercury, E lektrodialysis

## Pendahuluan

Akhir-akhir ini sering kita dengar bahwa perairan di Indonesia telah tercemar oleh logam-logam berat, dimana salah satunya adalah merkuri. Bahkan tidak jauh dari sekitar kita, sungai-sungai di Surabaya diduga kuat juga mengandung merkuri. Logam berat merkuri sebenarnya mempunyai peranan penting dalam industri, diantaranya adalah dapat melarutkan emas sehingga banyak digunakan untuk memisahkan emas dari campurannya dengan tanah, sebagai pengisi thermometer dan barometer, bahan insektisida, pabrik kertas, baterai, pupuk kimia, tekstil, cat, dan lain sebagainya. Hanya sangat disayangkan, disamping kegunaan penting tersebut, merkuri juga mempunyai sifat sangat beracun. Ditambah lagi sifatnya dalam tubuh manusia setelah logam berat ini masuk kedalam tubuh manusia, yang biasanya melalui makanan yang tercemar oleh merkuri tersebut, dan tidak dapat dikeluarkan lagi oleh tubuh, sehingga semakin lama jumlahnya semakin meningkat. Jika jumlahnya telah cukup besar, pengaruh negatifnya bagi kesehatan baru mulai terlihat, biasanya menumpuk di otak, saraf, jantung, hati, kuku, rambut, dan ginjal, yang dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan yang ditempatinya. (Sunardi, 2004).

Pencemaran merkuri di perairan kebanyakan disebabkan oleh limbah industri, dimana kandungan merkurnya melebihi standar yang telah ditetapkan. Menurut standar Abidin 1997, FDA, dan WHO 1990, kadar merkuri yang ditoleransi adalah 15 µg/liter dalam darah, 3.5 µg/liter dalam ASI, 1 ppm dalam ikan dan makanan, 2 ppm dalam kuku, dan 4 ppm dalam urine, (Rahem, 2004), 2 hingga 7 ppm pada rambut. Normalnya, kadar merkuri dalam tubuh adalah dibawah 0.1 ppm. Dan seharusnya, nilai ambang batas untuk merkuri di perairan hanya 0.005 ppm. (<http://www.pdpersi.co.id>).

Tujuan penelitian ini adalah untuk memisahkan logam berat merkuri yang terkandung dalam suatu larutan dengan cara elektrodialisis.

## Teknologi Membran

Saat ini istilah membran didefinisikan sebagai lapisan tipis (film) yang fleksibel, pembatas antara dua fasa yang bersifat semipermeabel. Membran dapat berupa padatan ataupun cairan, dan berfungsi sebagai media pemisahan yang selektif berdasarkan perbedaan koefisien difusivitas, muatan listrik, atau perbedaan kelarutan.

Sebenarnya, membran sudah merupakan bagian integral dalam kehidupan kita sehari-hari. Seluruh

sel - sel penyusun makhluk hidup, termasuk sel-sel penyusun tubuh kita, dibungkus dengan membran. Membran sel bersifat sangat selektif sehingga hanya zat-zat tertentu saja yang dapat melaluinya.

Elektrodialisis merupakan membran yang digunakan untuk memisahkan ion - ion dari larutan encer dibawah gaya dorong perbedaan potensial listrik. Prosesnya menggunakan stack elektrodialisis, yang dibuat berdasarkan prinsip filter press dan terdiri dari beberapa ratus sel - sel individu yang dibentuk oleh sepasang membran penukar anion dan kation. Aplikasi utama dari elektrodialisis adalah desalinasi air payau. Elektrodialisis juga digunakan dalam industri makanan, misalnya deionisasi cheese whey (air dadih keju).

(Baker, 1991).

## Merkuri

Merkuri, Hg, nomer atom 80, berat molekul 200.61, merupakan satu - satunya logam yang berbentuk cair pada temperatur kamar. Dibawah titik lelehnya merupakan padatan putih dan diatas titik didihnya merupakan uap tak berwarna. Simbol Hg, berasal dari bahasa Latin, *Hydrargyrum*, yang berarti cairan perak. Kegunaan logam merkuri tergantung dari sifat kimia fisiknya, seperti konduktivitas listrik, pemuaian volume yang seragam, dan kemampuan untuk membentuk campuran dengan hampir semua logam selain besi.

## Metode Penelitian

### Bahan yang Digunakan

1.  $\text{HgCl}_2$
2. Aquadest
3. Asam sitrat

### Alat dan Rangkaian Alat

Seperangkat peralatan elektrodialisis, yang terdiri dari :

Membran penukar kation yang terbuat dari crosslink kopolimer Divinylbenzene (DVB) dan polystyrene dengan gugus sulfonat untuk penukar kation, dan gugus ammonium kwartener untuk penukar anion. Membran yang dipergunakan berbentuk plat. Elektroda, yang digunakan adalah dari stainless steel (SS-304), yang berjumlah dua buah

Spacer, dari *hard nylon*

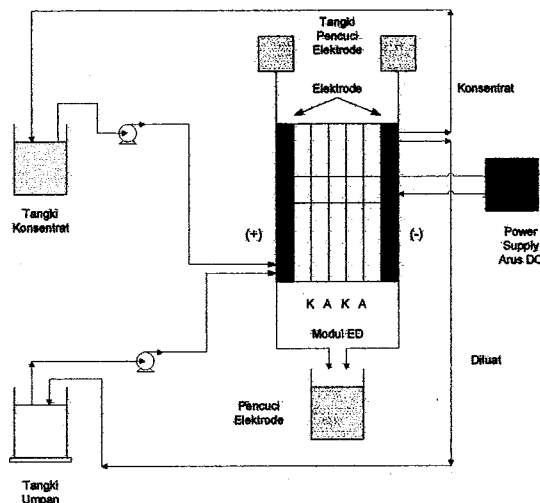
-Kompartemen, berjumlah tiga buah

-Pompa

-Power supply

-Stopwatch

-Konduktivimeter



**Gambar 1.** Modul Elektrodialisis

### Peubah

#### a.Kondisi yang Ditetapkan

- 1.Suhu operasi : 25 °C
- 2.Volume umpan :2 liter
- 3.Waktu pengambilan hasil:15 menit
- 4.Waktu proses :1 jam

#### b.Kondisi yang Dijalankan

- 1.Konsentrasi umpan 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm
- 2.Tegangan power supply; 3 V, 6 V, 9 V, 12 V

### Metode Penelitian

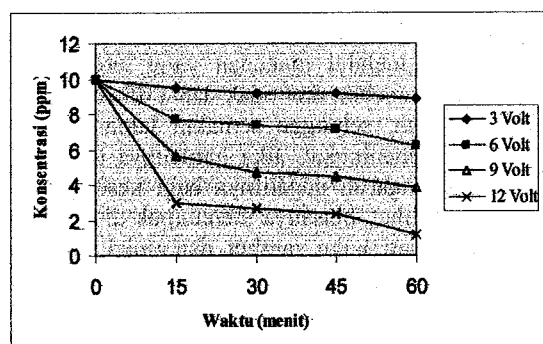
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan larutan sintesis  $\text{HgCl}_2$ . Proses pemisahan logam merkuri ini dilakukan secara batch agar diperoleh hasil yang maksimal.

Tahap utama percobaan ini adalah mengalirkan larutan umpan ke modul membran dengan menggunakan pompa. Kemudian dialirkan arus listrik searah, sehingga ion positif dapat ditarik lewat membran kation ke elektroda negatif, ion negatif bergerak dalam arah yang berlawanan lewat membran anion. Aliran feed akan berkurang kadar merkurnya dan keluar berupa produk (diluut), sedang konsentrat akan keluar melalui lubang konsentrat menuju tangki konsentrat. Hasil yang diperoleh ditampung dan dianalisis dengan Konduktivimeter.

### Hasil dan Pembahasan

**Tabel 1.** Hasil Pengamatan Konsentrasi Diluat vs Waktu Percobaan Untuk Konsentrasi Umpan 10 ppm

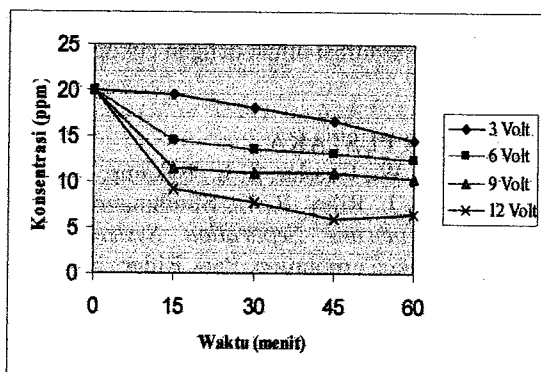
Waktu (menit)	Konsentrasi Diluat (ppm)			
	3 Volt	6 Volt	9 Volt	12 Volt
0	10	10	10	10
15	9.46076	7.6908	5.6259	2.97109
30	9.16578	7.3958	4.7410	2.67610
45	9.16578	7.1008	4.4460	2.38112
60	8.87079	6.2159	3.8560	1.20117



**Gambar 2.** Konsentrasi Diluat vs Waktu Percobaan Untuk Konsentrasi Umpan 10 ppm

**Tabel 2.** Hasil Pengamatan Konsentrasi Diluat vs Waktu Percobaan Untuk Konsentrasi Umpan 20 ppm

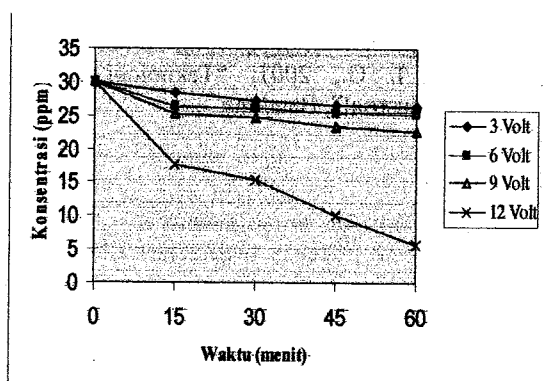
Waktu (menit)	Konsentrasi Diluat (ppm)			
	3 Volt	6 Volt	9 Volt	12 Volt
0	20	20	20	20
15	19.4902	14.4755	11.5256	9.16578
30	18.0153	13.5905	10.9356	7.69085
45	16.5404	13.0005	10.9356	5.92094
60	14.4755	12.4106	10.3457	6.51091



**Gambar 3.** Konsentrasi Diluat vs Waktu Percobaan Untuk Konsentrasi Umpan 20 ppm

**Tabel 3.** Hasil Pengamatan Konsentrasi Diluat vs Waktu Percobaan Untuk Konsentrasi Umpan 30 ppm

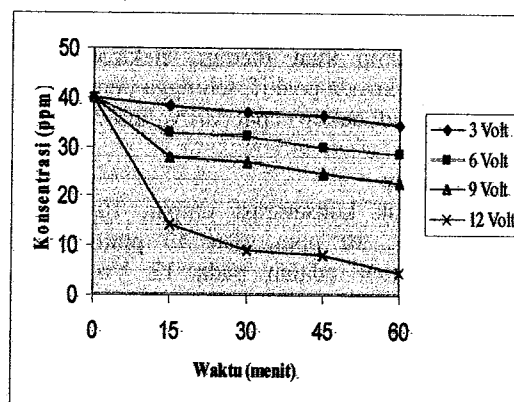
Waktu (menit)	Konsentrasi Diluat (ppm)			
	3 Volt	6 Volt	9 Volt	12 Volt
0	30	30	30	30
15	28.339	26.2749	25.094	17.720
30	27.159	25.9799	24.8	15.360
45	26.569	25.3899	23.325	10.050
60	26.274	25.0949	22.735	5.6259



**Gambar 4.** Konsentrasi Diluat vs Waktu Percobaan Untuk Konsentrasi Umpan 30 ppm

**Tabel 4.** Hasil Pengamatan Konsentrasi Diluat vs Waktu Percobaan Untuk Konsentrasi Umpan 40 ppm

Waktu (menit)	Konsentrasi Diluat (ppm)			
	3 Volt	6 Volt	9 Volt	12 Volt
0	40	40	40	40
15	38.446	32.912	28.029	14.3577
30	37.144	32.261	27.053	9.14941
45	36.493	29.982	24.774	8.17285
60	34.540	28.680	22.821	4.59212



**Gambar 5.** Konsentrasi Diluat vs Waktu Percobaan Untuk Konsentrasi Umpan 40 ppm

#### Pembahasan :

Hasil penelitian terhadap konsentrasi diluat sesuai tabel maupun gambar diatas, menunjukkan bahwa semakin besar voltase yang digunakan pada proses, maka konsentrasi diluat semakin banyak berkurang. Pada tabel 1. dan gambar 2. untuk konsentrasi umpan 10 ppm, setelah waktu proses. 60 menit, hasil pengurangan konsentrasi diluat yang terbaik adalah pada 12 Volt, yaitu menjadi 1.2011799 ppm. Untuk tabel 2. dan gambar 3. dengan konsentrasi umpan 20 ppm, hasil pengurangan konsentrasi diluat yang terbaik adalah pada 12 Volt, yaitu menjadi 5.920944 ppm. Namun ini terjadi pada waktu 45 menit, karena terlihat pada waktu 60 menit, ada sedikit kenaikan konsentrasi menjadi 6.510914 ppm. Hal ini kemungkinan dapat terjadi karena tercampurnya aliran diluat dan aliran konsentrat didalam modul elektrodialisis.

Pada tabel 3. dan gambar 4. untuk konsentrasi umpan 30 ppm, setelah waktu proses 60 menit, hasil pengurangan konsentrasi diluat yang terbaik adalah pada 12 Volt, yaitu menjadi

5.625959 ppm. Sedangkan Pada tabel 4. dan gambar 5. untuk konsentrasi umpan 40 ppm, setelah waktu proses 60 menit, hasil pengurangan konsentrasi diluat yang terbaik adalah pada 12 Volt, yaitu menjadi 4.592122 ppm.

Dengan hasil tersebut diatas, menunjukkan bahwa konsentrasi diluat telah berhasil dikurangi dengan hasil yang cukup baik. Hal ini disebabkan karena dengan semakin besarnya voltase, maka elektroda dapat lebih kuat menarik kation maupun anion yang terdapat dalam larutan.

Pada keseluruhan gambar diatas, terlihat adanya perbedaan yang cukup mencolok, terutama pada gambar 4. dan gambar 5., yaitu pada 12 volt, konsentrasi umpan menurun dengan drastis. Hal ini dapat disebabkan karena dengan voltase tersebut, yaitu 12 volt, ion – ion tertarik dengan cukup kuat menuju elektroda negatif ataupun elektroda positif, sehingga pemisahan ion – ion menjadi cukup cepat dari voltase lainnya.

#### Kesimpulan

1. Untuk konsentrasi umpan 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, dan 40 ppm, konversi terbesar adalah pada 12 Volt, dengan keberhasilan pengurangan konsentrasi diluat hingga sebesar 88.5197 % yaitu pada konsentrasi umpan 40 ppm.
2. Pengurangan konsentrasi terbesar adalah pada konsentrasi umpan 40 ppm, yaitu setelah waktu proses selama 1 jam dengan menggunakan voltase sebesar 12 volt, konsentrasinya menjadi 4.592122 ppm.
3. Dengan pengurangan konsentrasi (%konversi) yang cukup besar, yaitu 88.5197 % tersebut, maka modul

Elektrodialisis mampu mengurangi konsentrasi diluat dengan cukup baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Baker, R. W., Cussler, E. L., Eykamp, W., Koros, W. J., Riley, R. L., Strathmann, H., 1991, *Membrane Separation System*, Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, U.S.A.
- <http://www.jawapos.co.id>  
<http://www.kompas.com>  
<http://www.pdpersi.co.id>
- Kresnowati, M. T. A. P., Wati, L., Wenten, I. G., 2000, "Analisis Ekonomi Proses Berbasis Membran", Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Rahem, A., 2004, "Kenjeran : Problema dan Solusi, <http://www.jawapos.co.id>, Surabaya.
- Redjeki, Sri, 2005, "Pengurangan Penggunaan Energi Pada Desalinasi Air Laut dengan Proses Elektrodialisis (Tinjauan Pada Kinetika Transpor Ion dan Model Mathematik Nernst – Planck)", Disertasi Program Doktor Pasca Sarjana Bidang Study Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Airlangga Surabaya.
- Sunardi, 2004, "Cara Alternatif Untuk Mengolah Limbah Padat yang Mengandung Merkuri dan Arsen – Merujuk Kasus Buyat", <http://www.kompas.com>, Surabaya.
- Wenten, I. G., 2001, "Teknologi Membran Industrial", Bandung.